

КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ КЕНИЯИТА И МАГАДИИТА С ЮЖНОГО УРАЛА

Штенберг М.В.¹, Попов В.А.¹, Лебедева С.М.¹, Зайнуллина Р.Т.¹, Рассомахин М.А.²

¹Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, shtenberg@mineralogy.ru

²Ильменский государственный заповедник, г. Миасс

Щелочные водные силикаты: кенияит ($\text{Na}_2\text{Si}_{22}\text{O}_{41}(\text{OH})_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и магадиит ($\text{NaSi}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) впервые были найдены в отложениях бассейна соленного оз. Магади (Кения) в 1967 г. [Eugster, 1967]. Позднее магадиит обнаружен в измененных вулканических породах в округе Тринити, штат Калифорния, США [Eugster et al., 1967]. Магадиит и кенияит были также получены в результате низкотемпературного синтеза в лаборатории [Lagaly et al., 1975; Beneke, Lagaly, 1983].

Ранее нами были изучены образцы конкреций белого цвета из темноцветных отложений проявления кахолонга Кваркенского района Оренбургской области [Штенберг и др., 2017]. В результате проведенных исследований удалось установить принадлежность изученных проб к редким минералам – кенияиту и магадииту. Это первая находка данных минералов в России.

Для детального исследования образцов был использован комплекс физических и химических методов в Институте минералогии УрО РАН. Рентгенофазовый анализ проб выполнен на дифрактометре Shimadzu XRD-6000 (Cu-анод, графитовый монохроматор), аналитики П.В. Хворов, Е.Д. Зенович.

Инфракрасные спектры получены на ИК Фурье спектрометре Nicolet 6700 Thermo Scientific; параметры съёмки: диапазон $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$, разрешение

4 см^{-1} , количество сканов 32. Препараты подготовлены путём прессования $\sim 2\text{ мг}$ навески вещества в таблетки с KBr (530 мг). Регистрация и обработка спектров производилась с помощью программы Omnic v.8.3, аналитик М.В. Штенберг.

Спектры комбинационного рассеяния (КР) регистрировались на спектрометре Horiba Jobin Yvon HR с He-Ne лазером (632.8 нм, 20 мВт) и микроскопом Olympus BX41. Спектры получены путём накопления 20 сканов по 10 секунд каждый в 180° геометрии в диапазоне $100\text{--}2000\text{ см}^{-1}$ с участков размером 5 мкм. Регистрация и обработка спектров осуществлялась в программе Labspec v.5, аналитик С.М. Лебедева.

Элементный анализ производился на оптико-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Varian 720-ES ICP-OES, аналитик Зайнуллина Р.Т. Химический анализ проведён в Южно-Уральском центре коллективного пользования по исследованию минерального сырья (г. Миасс), аналитик Т.В. Семёнова.

Конкреции имеют различную величину (1–20 см), разную форму (от изометричных до удлинённых, уплощённых и сложных), резкие или постепенные (диффузные) контакты с вмещающими чёрными сланцами. Некоторые конкреции мономинеральны, другие – зональны. В зональных конкрециях в переходных зонах встречаются агрегаты, в которых

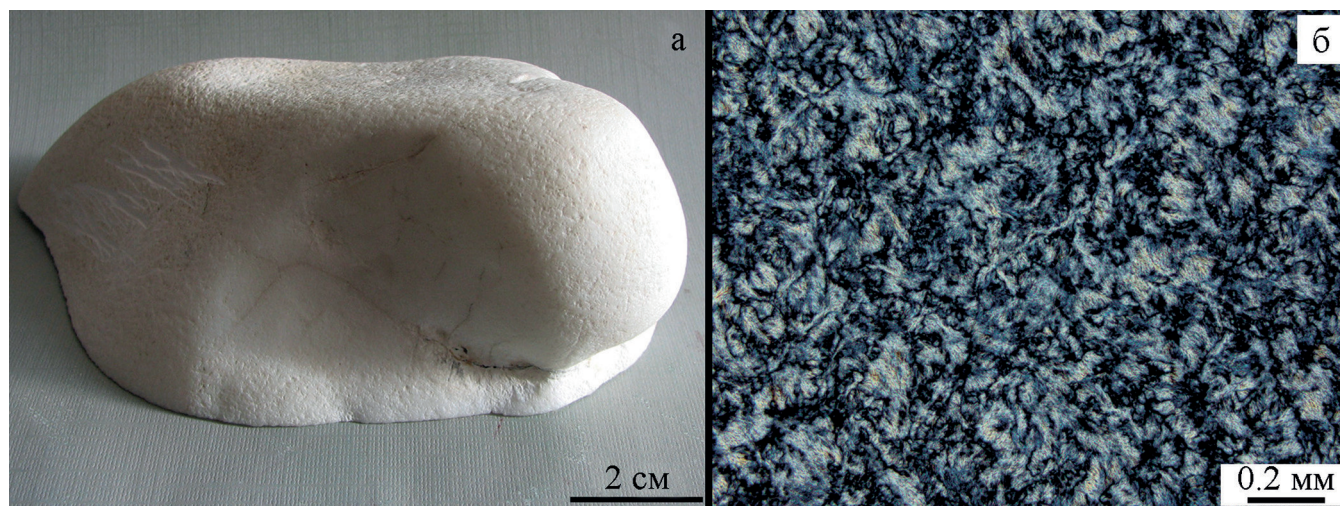


Рис. 1. Мономинеральная конкреция кенияита (проба К2):
а – общий вид; б – агрегат из расщепленных индивидов кенияита (шлиф, с анализатором)

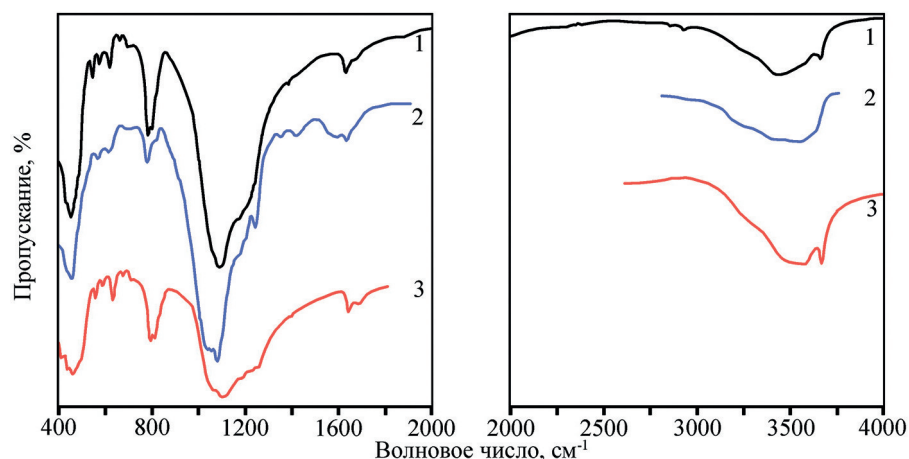


Рис. 2. Инфракрасные спектры пропускания кенияита:

1 – проба К2; 2 – образец с озера Магади, Кения [Chukanov, 2014]; 3 – синтезированный образец [Huang et al., 1999]

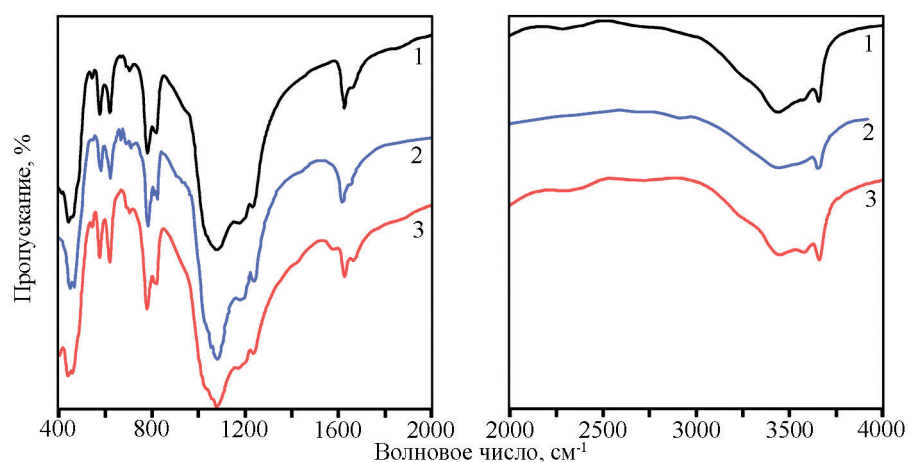


Рис. 3. Инфракрасные спектры пропускания магадиита:

1 – проба К1; 2 – образец из региона Канем, Чад [Chukanov, 2014]; 3 – образец с озера Чад, Кения, данные из базы спектров HR Inorganics (Nicolet Instrument Corporation)

есть признаки сокристаллизации кварца, кенияита и магадиита. Некоторые кенияитовые конкреции по периферии имеют магадитовые корочки. Минералы конкреций развиты метасоматически по минералам вмещающих сланцев – карбонатам, хлоритам, слюдам, глинистым минералам и углеродистым образованиям.

Кенияит $\text{Na}_2\text{Si}_{22}\text{O}_{41}(\text{OH})_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ образует белые или светло-серые плотные конкреции (рис. 1а). Твёрдость минерала около 4 по шкале Мооса. Показатель преломления около 1.48, двупреломление низкое 0.010. В мономинеральных агрегатах в шлифах видны расщеплённые индивиды кенияита, структура агрегата тонкозернистая, однородная (см. рис. 1б). Химический состав пробы (мас. %): SiO_2 85.1; Na_2O 3.01; MgO 0.32; CaO 0.43; H_2O 3.45; п.п.п. 7.12; сумма 99.43. Данные рентгенофазового анализа позволили установить принадлежность минерала пробы К2 к кенияиту.

На рисунке 2 представлен инфракрасный спектр кенияита пробы К2 в сравнении с литературными

данными. Основные полосы поглощения в области 1000–1200 cm^{-1} и двойной пик в области 800 cm^{-1} являются общими для многих силикатов, в том числе кварца. Характерными для спектра кенияита являются небольшие полосы поглощения с максимумами 544, 574, 618, 660 и 693 cm^{-1} , относящиеся к симметричным валентным колебаниям Si–O–Si. Полосы 1630 cm^{-1} и 1672 cm^{-1} связаны с деформационными колебаниями молекулярной воды, линии 3440 cm^{-1} и 3660 cm^{-1} относятся к валентным колебаниям гидроксильных группировок [Huang et al., 1999].

Магадиит $\text{NaSi}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ образует включения в кенияитовых агрегатах либо периферические корки на них. Встречаются также вкрапления магадиита во вмещающих сланцах. Минерал имеет низкую твёрдость (около 2 по шкале Мооса), низкое среднее преломление около 1.48 и низкое двупреломление. Белый цвет минерала вызван отражением света от плоскостей совершенной спайности по одному направлению, указывающей на слоистую структуру.

ИК-спектры пробы K1 и спектры магадиита из различных источников имеют очень хорошее сходство между собой (рис. 3). Спектр магадиита отличается от спектра кенияита большей степенью разрешённости полос в области $1000\text{--}1200\text{ см}^{-1}$, где явно прослеживаются 3 линии с максимумами 1235 см^{-1} , 1172 и 1080 см^{-1} . Полосы в области $500\text{--}600\text{ см}^{-1}$ значительно более интенсивны. Форма полос в области валентных и деформационных колебаний воды указывает на сложную структуру вхождения молекулярной воды и гидроксильных группировок. Как и в случае с инфракрасными спектрами, рамановские спектры (КР) магадиита и кенияита различаются распределением линий по интенсивности и небольшим смещением максимума. Данные рентгенофазового анализа подтверждают отнесение пробы к магадииту.

Авторы благодарны В.Н. Удачину, Т.В. Семёновой, Е.Д. Зенович способствовавшим выполнению исследований. Отдельную благодарность авторы выражают Н.А. Божко за проявленный интерес и предоставленные образцы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-35-60045 мол_а_дк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штенберг М.В., Попов В.А., Лебедева С.М., Зенович Е.Д., Божко Н.А. Кенияит и магадиит на Южном Урале // Минералогия. 2017. Т. 3. № 1. С. 16-22.
2. Beneke K., Lagaly G. (1983) Kenyaite-synthesis and properties // Am. Miner. 1983. V. 68. P. 818-826.
3. Chukanov N.V. Infrared spectra of mineral species Extended library. Dordrecht: Springer Netherlands: Imprint: Springer, 2014. 1726 p.
4. Eugster H.P. Hydrous sodium silicates from Lake Magadi, Kenya: precursors of bedded chert // Science. 1967. V. 157. № 3793. P. 1177-1180.
5. Eugster H.P., Jones B.F., Sheppard R.A. New hydrous sodium silicates from Kenya // Oregon and California: possible precursors of chert. (abstr.): Geol. Soc. Amer. Ann. Meet. 1967. P. 60.
6. Huang Y., Jiang Z., Schwieger W. Vibrational spectroscopic studies of layered silicates // Chem. Mater. 1999. V. 11. P. 1210-1217.
7. Lagaly G., Beneke K. Weiss A. Magadiite and H-magadiite: I. Sodium magadiite and some of its derivatives // Am. Miner. 1975. V. 60. P. 642-649.